

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-28273

(43) 公開日 平成5年(1993)2月5日

(51) Int.Cl.⁵

G 0 6 F 15/70

識別記号

4 6 0 Z 9071-5L

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数10(全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平3-237456

(22) 出願日 平成3年(1991)8月23日

(31) 優先権主張番号 特願平3-137221

(32) 優先日 平3(1991)5月13日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 浜島 宗樹

東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式会社ニコン大井製作所内

(72) 発明者 沖田 晋一

東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式会社ニコン大井製作所内

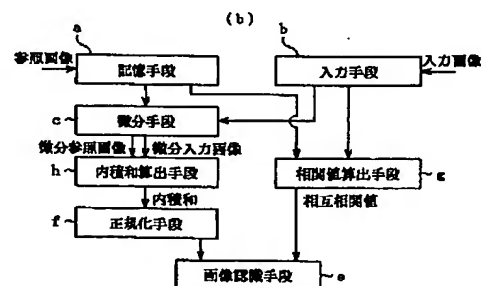
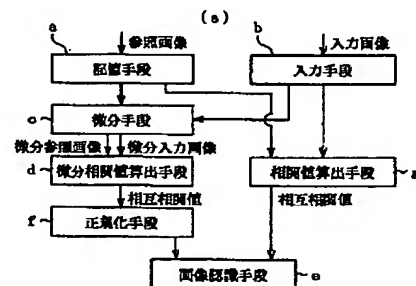
(74) 代理人 弁理士 永井 冬紀

(54) 【発明の名称】 画像処理方法および装置

(57) 【要約】

【目的】 線画による輪郭のみからなる画像についても確実にパターン認識が行え、しかも部分的な濃淡のコントラストの変化があっても確実なパターン認識が行える画像処理方法および装置を提供する。

【構成】 記憶手段 a には参照画像が予め記憶されており、入力手段 b には入力画像が入力される。これら記憶手段 a および入力手段 b から得られる参照画像および入力画像は、微分手段 c によりその双方に同一の微分フィルタが掛けられて微分参照画像および微分入力画像が求められる。これら微分参照画像および微分入力画像は、微分相関値算出手段 d または内積和算出手段 h に入力されてこれらの相互相関値または内積和が算出され、画像認識手段 e によりこの相互相関値または内積和の極大値が求められて参照画像と入力画像との相対的な位置関係が求められる。



1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 予め入力された参照画像と入力画像とのパターン・マッチングを行う画像処理方法において、前記参照画像および入力画像の双方に同一の微分フィルタを掛けて微分参照画像および微分入力画像を得る工程と、

これら微分参照画像と微分入力画像との相互相関値を算出する工程と、
この相互相関値の極大値から前記参照画像と入力画像との相対的な位置関係を求める工程とを備えたことを特徴とする画像処理方法。

【請求項2】 予め入力された参照画像と入力画像とのパターン・マッチングを行う画像処理装置において、前記参照画像が予め記憶された記憶手段と、前記入力画像が入力される入力手段と、前記参照画像および入力画像の双方に同一の微分フィルタを掛けて微分参照画像および微分入力画像を得る微分手段と、
これら微分参照画像と微分入力画像との相互相関値を算出する微分相関値算出手段と、
この相互相関値の極大値から前記参照画像と入力画像との相対的な位置関係を求める画像認識手段とを備えたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項3】 請求項2に記載の画像処理装置において、前記微分フィルタはラプラシアン・フィルタ等方向性を持たないエッジ強調フィルタであることを特徴とする画像処理装置。

【請求項4】 請求項2または3に記載の画像処理装置において、前記相互相関値を微分参照画像および微分入力画像の標準偏差でそれぞれ除算することにより相関値の正規化を行う正規化手段を備え、
前記画像認識手段は、正規化された相互相関値の極大値から前記参照画像と入力画像との相対的な位置関係を求めることを特徴とする画像処理装置。

【請求項5】 請求項2、3および4のいずれかに記載の画像処理装置において、参照画像と入力画像との相互相関値を算出する相関値算出手段を備え、
前記画像認識手段は、予め定められた条件に基づいて、相関値算出手段または微分相関値算出手段のいずれか一方を用いて前記参照画像と入力画像との相対的な位置関係を求めることを特徴とする画像処理装置。

【請求項6】 予め入力された参照画像と入力画像とのパターン・マッチングを行う画像処理装置において、前記参照画像が予め記憶された記憶手段と、前記入力画像が入力される入力手段と、前記参照画像および入力画像の双方にX方向およびY方向の偏微分フィルタを掛けて2種類の微分参照画像および微分入力画像を得る微分手段と、

これら2種類の微分参照画像および微分入力画像の値をそれぞれX方向およびY方向の成分とする微分参照画像ベクトルおよび微分入力画像ベクトルの内積和を算出する内積和算出手段と、

この内積和の極大値から前記参照画像と入力画像との相対的な位置関係を求める画像認識手段とを備えたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項7】 請求項6に記載の画像処理装置において、前記偏微分フィルタはソーベル・フィルタ等方向性を持つエッジ強調フィルタであることを特徴とする画像処理装置。

【請求項8】 請求項6または7に記載の画像処理装置において、前記内積和を微分参照画像および微分入力画像の標準偏差でそれぞれ除算することにより内積和の正規化を行う正規化手段を備え、
前記画像認識手段は、正規化された内積和の極大値から前記参照画像と入力画像との相対的な位置関係を求めることを特徴とする画像処理装置。

【請求項9】 請求項6、7および8のいずれかに記載の画像処理装置において、参照画像と入力画像との相互相関値を算出する相関値算出手段を備え、
前記画像認識手段は、予め定められた条件に基づいて、内積和算出手段または相関値算出手段のいずれか一方を用いて前記参照画像と入力画像との相対的な位置関係を求めることを特徴とする画像処理装置。

【請求項10】 請求項1に記載の画像処理方法において、前記参照画像に方向性を持つ微分フィルタを掛けて、この参照画像が微分参照画像と微分入力画像との相互相関演算を行うのに適切な画像であるかを自動的に判別する工程を備えたことを特徴とする画像処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、入力画像中から登録された参照画像を認識するパターン・マッチングを行う画像処理方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、登録された参照画像をその中に含む入力画像を対象に、この参照画像と入力画像とのパターン・マッチングを行ってこれら参照画像と入力画像との相対的な位置関係（ずれ）を求める技術は周知である。

【0003】このようなパターン・マッチングの手法として、参照画像および入力画像を2値化することなく濃淡画像のまま互いの相互相関値を求め、この相互相関値の最大値から参照画像と入力画像との相対的な位置関係（ずれ）を求める手法がある。この際、画像の明るさ

やコントラストによる影響を除去するため、相互相関値を画像の平均値と分散値とで正規化することが行われている。

* 【数1】

$$D_T = 1/(M \cdot N) \cdot \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \{T_{ij} - 1/(M \cdot N) \cdot \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (T_{ij})\}^2 \quad (1)$$

$$D_S = 1/(M \cdot N) \cdot \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \{S_{ij} - 1/(M \cdot N) \cdot \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (S_{ij})\}^2 \quad (2)$$

および画像S、Tの共分散 D_{ST}

10 【数2】

$$D_{ST} = 1/(M \cdot N) \cdot \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [\{T_{ij} - 1/(M \cdot N) \cdot \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (T_{ij})\} \cdot \{S_{ij} - 1/(M \cdot N) \cdot \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (S_{ij})\}] \quad (3)$$

とを求め、これら分散 D_S 、 D_T および共分散 D_{ST} から相関係数 C_{ST}

* 【数3】

※

$$C_{ST} = \frac{D_{ST}}{\sqrt{D_T} \cdot \sqrt{D_S}} \quad (4)$$

を算出することにより行われる。ここで、Mは相互相関演算を行うべき領域の画素のX方向の個数、NはY方向の個数であり、入力画像Sと参照画像Tとの大きさは等しいものとしている。(なお、 $\sqrt{X} = (X)^{1/2}$ を示す。以下同様。)

【0005】相関係数 C_{ST} は、 $-1 \leq C_{ST} \leq 1$ の範囲の値を取り、入力画像Sと参照画像Tとが一致した場合は $C_{ST} = 1$ 、全く相関がない場合は $C_{ST} = 0$ の値をとる。

【0006】一般に、入力画像Sは参照画像Tより大きく、従って、相互相関をとるべき入力画像Cの領域を参照画像Tと等しい大きさに区切り、この区切りを順次走査して、相関係数 C_{ST} が最大値をとる領域を入力画像Sと参照画像Tとが一致する箇所であるとしてパターン・マッチングが行われる。

【0007】相互相関演算によるパターン・マッチングでは、パターン全体の濃淡分布の情報をそのまま使い、これを各画像の特徴としてマッチングが行われるので、入力画像Sと参照画像Tとの間に明るさやコントラストの変化があっても比較的確実に認識が行えたとともに、パターンに多少の欠陥があっても認識できるという利点がある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の相互相関演算によるパターン・マッチングでは、図13(a)に示すような線画による輪郭のみからなる画像を参照画像Tとした場合、濃淡としての情報が少ないため誤認識をする可能性がある、という問題があった。

【0009】また、従来の相互相関演算によるパターン・マッチングは、パターン全体の濃淡分布の一致をみて

* 【0004】相互相関の演算は、入力画像Sと参照画像Tとについて分散 D_S 、 D_T

【数1】

$$D_T = 1/(M \cdot N) \cdot \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \{T_{ij} - 1/(M \cdot N) \cdot \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (T_{ij})\}^2 \quad (1)$$

$$D_S = 1/(M \cdot N) \cdot \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \{S_{ij} - 1/(M \cdot N) \cdot \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (S_{ij})\}^2 \quad (2)$$

10 【数2】

$$D_{ST} = 1/(M \cdot N) \cdot \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [\{T_{ij} - 1/(M \cdot N) \cdot \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (T_{ij})\} \cdot \{S_{ij} - 1/(M \cdot N) \cdot \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (S_{ij})\}] \quad (3)$$

* 【数3】

※

$$C_{ST} = \frac{D_{ST}}{\sqrt{D_T} \cdot \sqrt{D_S}} \quad (4)$$

パターン認識を行うものであるため、このパターンの濃淡分布自体が部分的に変化すると正確な認識が困難になる。さらに、演算処理の高速化を目的として入力画像Sあるいは参照画像Tに対して圧縮・平均化処理を行うと、図13(a)に示すような画像はエッジ部のみで鋭敏な濃淡分布を有するため、圧縮・平均化により濃淡分布の情報が損われ、この結果、参照画像Tに対する入力画像Sの誤認識の可能性が高くなる。

【0010】特に、画像の輪郭線が物体の凹凸に基づくものである場合、この物体に照射される光の方向により、図13(a)に示す画像は容易に図13(b), (c), (d)に示すような画像となることがある。図13(a)に示す画像と図13(b), (c), (d)に示すような画像とはその濃淡分布が全く異なるものであり、濃淡分布が異なる画像は相互相関演算によるパターン・マッチングでは異なるものとして認識される、という問題もあった。

【0011】本発明の目的は、線画による輪郭のみからなる画像についても確実にパターン認識が行え、しかも部分的な濃淡のコントラストの変化があっても確実なパターン認識が行える画像処理方法および装置を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】クレーム対応図である図1に対応付けて説明すると、本発明は、予め入力された参照画像と入力画像とのパターン・マッチングを行う画像処理方法および装置に適用される。そして、請求項1の発明は、前記参照画像および入力画像の双方に同一の微分フィルタを掛けて微分参照画像および微分入力画像を得る工程と、これら微分参照画像と微分入力画像との

相互相関値を算出する工程と、この相互相関値の極大値から前記参照画像と入力画像との相対的な位置関係を求める工程とにより上述の目的を達成している。また、請求項2の発明は、前記参照画像が予め記憶された記憶手段aと、前記入力画像が入力される入力手段bと、前記参照画像および入力画像の双方に同一の微分フィルタを掛けて微分参照画像および微分入力画像を得る微分手段cと、これら微分参照画像と微分入力画像との相互相関値を算出する微分相関値算出手段dと、この相互相関値の極大値から前記参照画像と入力画像との相対的な位置関係を求める画像認識手段eとを設けることにより上述の目的を達成している。また、請求項3の発明は、請求項2に記載の画像処理装置において、前記微分フィルタをラプラシアン・フィルタ等方向性を持たないエッジ強調フィルタとしたものである。さらに、請求項4の発明は、請求項2または3に記載の画像処理装置において、前記相互相関値を微分参照画像および微分入力画像の標準偏差でそれぞれ除算することにより相関値の正規化を行う正規化手段fを設け、前記画像認識手段eが、正規化された相互相関値の極大値から前記参照画像と入力画像との相対的な位置関係を求めるようなものである。さらに、請求項5の発明は、請求項2、3および4のいずれかに記載の画像処理装置において、参照画像と入力画像との相互相関値を算出する相関値算出手段gを設け、前記画像認識手段eが、予め定められた条件に基づいて、相関値算出手段gまたは微分相関値算出手段dのいずれか一方を用いて前記参照画像と入力画像との相対的な位置関係を求めるようなものである。一方、請求項6の発明は、前記参照画像が予め記憶された記憶手段aと、前記入力画像が入力される入力手段bと、前記参照画像および入力画像の双方にX方向およびY方向の偏微分フィルタを掛けて2種類の微分参照画像および微分入力画像を得る微分手段cと、これら2種類の微分参照画像および微分入力画像の値をそれぞれX方向およびY方向の成分とする微分参照画像ベクトルおよび微分入力画像ベクトルの内積和を算出する内積和算出手段hと、この内積和の極大値から前記参照画像と入力画像との相対的な位置関係を求める画像認識手段fとを設けることにより上述の目的を達成している。また、請求項7の発明は、請求項6に記載の画像処理装置において、前記偏微分フィルタをソーベル・フィルタ等方向性を持つエッジ強調フィルタとしたものである。さらに、請求項8の発明は、請求項6または7に記載の画像処理装置において、前記内積和を微分参照画像および微分入力画像の標準偏差でそれぞれ除算することにより内積和の正規化を行う正規化手段fを設け、前記画像認識手段eが、正規化された内積和の極大値から前記参照画像と入力画像との相対的な位置関係を求めるようなものである。そして、請求項9の発明は、請求項6、7および8のいずれかに記載の画像処理装置において、参照画像と入力画像

との相互相関値を算出する相関値算出手段gを設け、前記画像認識手段eが、予め定められた条件に基づいて、内積和算出手段hまたは相関値算出手段gのいずれか一方を用いて前記参照画像と入力画像との相対的な位置関係を求めるようなものである。また、請求項10の発明は、請求項1に記載の画像処理方法において、前記参照画像に方向性を持つ微分フィルタを掛けて、この参照画像が微分参照画像と微分入力画像との相互相関演算を行うのに適切な画像であるかを自動的に判別する工程を備えたものである。

【0013】

【作用】

—請求項1—

参照画像および入力画像には、ともに同一の微分フィルタが掛けられて微分参照画像および微分入力画像が得られる。これら微分参照画像および微分入力画像からは、これらの相互相関値が算出され、この相互相関値の最大値から参照画像と入力画像との相対的な位置関係が求められる。

—請求項2—

記憶手段aには参照画像が予め記憶されており、入力手段bには入力画像が入力される。これら記憶手段aおよび入力手段bから得られる参照画像および入力画像は、微分手段cによりその双方に同一の微分フィルタが掛けられて微分参照画像および微分入力画像が求められる。これら微分参照画像および微分入力画像は、微分相関値算出手段dに入力されてこれらの相互相関値が算出され、画像認識手段eによりこの相互相関値の極大値が求められて参照画像と入力画像との相対的な位置関係が求められる。

—請求項6—

記憶手段aには参照画像が予め記憶されており、入力手段bには入力画像が入力される。これら記憶手段aおよび入力手段bから得られる参照画像および入力画像は、微分手段cによりその双方にX方向およびY方向の偏微分フィルタが掛けられて2種類の微分参照画像および微分入力画像が求められる。これら2種類の微分参照画像および微分入力画像は内積和算出手段hに入力されて、これら2種類の微分参照画像および微分入力画像の値をそれぞれX方向およびY方向の成分とする微分参照画像ベクトルおよび微分入力画像ベクトルの内積和が算出される。そして、画像認識手段eによりこの内積和の極大値から前記参照画像と入力画像との相対的な位置関係が求められる。

【0014】

【実施例】

—第1実施例—

図2は、本発明による画像処理方法および装置の第1実施例を示すブロック図である。この図において、1は本実施例に係る画像処理装置であり、この画像処理装置1

は、マイクロコンピュータ、メモリ等からなり、画像の入出力操作、相関演算処理操作等のコントロールを行うCPUボード（以下、これをホストCPUボードという）2と、画像メモリ3と、高速演算処理装置4とを備え、これらホストCPUボード2、画像メモリ3および高速演算処理装置4はそれぞれシステムバス5、データバス6にて接続されている。ホストCPUボード2のメモリ内には、参照画像データが予め入力、格納されている。

【0015】7はTVカメラ等の撮像素子であり、この撮像素子7により撮像された画像は、A/Dコンバータ8を介して（デジタル）入力画像データとして画像メモリ3内に格納される。9はTVモニタ等の表示装置であり、この表示装置9には画像メモリ3内の画像データがD/Aコンバータ10を介して出力される。11はインターフェース部であり、このインターフェース部11を介して外部のアプリケーション部（図示略）に処理結果が出力される。

【0016】次に、図3のフローチャートおよび図4～図11を参照して、本実施例の動作について説明する。20 プログラムが開始すると、ステップS1では撮像素子7によりパターン・マッチングすべき画像が撮像され、A/Dコンバータ8を介して画像メモリ3内に入力画像データが格納される。ステップS2ではホストCPUボード2のメモリ内に格納された参照画像データの一部が読み出され、この読み出された参照画像データが後述する正規化相互相関処理に供される。ステップS3では、ステップS2で読み出された参照画像データと画像メモリ3内の入力画像データとの正規化相互相関処理が行われる。

【0017】図4は、本実施例における正規化相互相関処理の詳細を示す図である。画像メモリ13からは、図11に示すようにその左上から順次参照画像データに対応する大きさの入力画像データ S_0 が読み出される。データ圧縮平均部15では、演算処理時間短縮の為、入力画像データ S_0 が $p \times q$ 画素で構成される領域に分割され、その領域内の $p \times q$ 個のデータの平均値で領域のデータを代表する等の演算処理により、画像データの圧縮平均化が行われる。同様に、ステップS2においてホストCPUボード2内の参照画像格納部14から読み出された参照画像データ T_0 に対して、画像データの圧縮平均化が行われる。階調変換部16では、相互相関の結果が良好になるように、圧縮平均化された参照画像データ T' の階調変換が行われる。

【0018】積和演算部17では、圧縮平均化が行われた参照画像データ T （このデータについては階調変換も行われている）および入力画像データ S の積和が演算される。この積和は、圧縮平均化後の参照画像データ T のサイズを $M \times N$ とした場合、 $\sum \sum S_{ij} \cdot T_{ij}$ で表される（ここに $\sum \sum$ は、 $1 \leq i \leq M$ 、 $1 \leq j \leq N$ 間における総

和を表す、以下同じ）。

【0019】一方、累積加算部18では、圧縮平均化が行われた入力画像データ S の累積和 $\sum \sum S_{ij}$ が求められ、自乗加算部19ではその自乗和 $\sum \sum S_{ij}^2$ が求められる。そして、標準偏差演算部20では、これら累積和 $\sum \sum S_{ij}$ および自乗和 $\sum \sum S_{ij}^2$ を用いて、標準偏差 \sqrt{D} 、（(2)式参照）が求められる。

【0020】同様に、累積加算部18では、圧縮平均化および階調変換が行われた参照画像データ T の累積和 $\sum \sum T_{ij}$ が求められ、自乗加算部19ではその自乗和 $\sum \sum T_{ij}^2$ が求められる。そして、標準偏差演算部20では、これら累積和 $\sum \sum T_{ij}$ および自乗和 $\sum \sum T_{ij}^2$ を用いて、標準偏差 \sqrt{D} 、（(1)式参照）が求められる。

【0021】そして、正規化相関演算部21では、積和演算部17で求められた積和 $\sum \sum S_{ij} \cdot T_{ij}$ を用いて共分散 D_{ij} 、（(3)式参照）が求められるとともに、標準偏差演算部20で求められた標準偏差 $\sqrt{D_{ij}}$ 、 $\sqrt{D_i}$ および共分散 D_{ij} を用いて、相関係数 C_{ij} 、（(4)式参照）が求められる。

【0022】以上の正規化相互相関演算は、図11に示すように画像メモリ13から読み出される入力画像データ S_0 を順次左上から右下まで順次1画素ずつずらし、それぞれの入力画像データ S_0 について繰り返し行われる。そして、上述の相関係数 C_{ij} の最大値および座標値がホストCPUボード2のメモリ内に一時的に記憶される。

【0023】ステップS4では相関係数 C_{ij} の最大値が予め定めた閾値以上であるか否かが判定され、閾値以上と判定されればこの相関係数 C_{ij} の最大値が得られた入力画像データ S_0 の位置がインターフェース部11を介して外部に出力される。一方、相関係数 C_{ij} の最大値が閾値を越えないと判定された場合、プログラムはステップS5に移行して、後述する輪郭相互相関処理が行われる。

【0024】ステップS5ではホストCPUボード2のメモリ内に格納された参照画像データの一部が読み出され、この読み出された参照画像データが後述する輪郭相互相関処理に供される。ステップS6では、ステップS5で読み出された参照画像データに対して図7(a)(b)、図8(a)(b)の各方向性を有する微分フィルタを個別に掛け、各々の微分フィルタについての累積和を求める。図7に示す微分フィルタは、X方向およびY方向の方向性を有するソーベル(Sobel)微分フィルタであり、図8に示す微分フィルタは、XY方向（一次関数 $Y = X$ または $Y = -X$ で表される方向）の方向性を有するフィルタである。従って、ステップS5で読み出された参照画像データがこれらX方向、Y方向、あるいはXY方向に沿った輪郭線を有する場合には、その方向に沿った方向性を有する微分フィルタと参照画像データとの累積和は有意な値を示す。

【0025】ステップS7では4つの各累積和の値が予め定められた閾値以下であるか否かが判定され、4つの累積和のうち3つ以上閾値以下のものがあると判定されると、パターンに輪郭がないか、若しくは、パターンがある一定の方向しかないものとみなし、プログラムはステップS5に戻る。4つの累積和のうち3つ以上閾値以下のものがないと判定されると、参照画像データが適切であるとみなし、ステップS7に移行する。ステップS7では、この参照画像データを用いて後述する輪郭相互相関処理が行われる。

【0026】図5は、本実施例における輪郭相互相関処理の詳細を示す図である。画像メモリ23からは、図11に示すようにその左上から順次参照画像データに対応する大きさの入力画像データ S_0 が読み出される。この入力画像データ S_0 は、演算処理時間短縮の為、データ圧縮平均部25により圧縮平均化が行われる。同様に、ステップS5においてホストCPUボード2内の参照画像格納部24から読み出された参照画像データ T_0 に対して、データ圧縮平均部25により画像データの圧縮平均化が行われる。

【0027】X方向微分処理部26では、圧縮平均化を施した入力画像データ S および参照画像データ T に図7(a)のX方向ソーベル演算フィルタが掛けられ、Y方向の輪郭成分を強調した微分値 S_y 、 T_y （以下、X方向微分値と言う）が求められる。同様に、Y方向微分処理部27では、圧縮平均化を施した入力画像データ S および参照画像データ T に図7(b)のY方向ソーベル演算フィルタが掛けられ、X方向の輪郭成分を強調した微分値 S_x 、 T_x （以下、Y方向微分値と言う）が求められる。以下、図6で一般的に表示される微分フィルタにおいて、この微分フィルタを構成する 3×3 マトリックス*

$$\begin{aligned}\sigma_{S_0} &= \sqrt{\left\{ \left(\frac{1}{MN} \right) \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (\vec{S}_{ij})^2 \right\}} \\ &= \sqrt{\left\{ \left(\frac{1}{MN} \right) \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (S_{x_{ij}}^2 + S_{y_{ij}}^2) \right\}}\end{aligned}\quad (5)$$

$$\begin{aligned}\sigma_{T_0} &= \sqrt{\left\{ \left(\frac{1}{MN} \right) \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (\vec{T}_{ij})^2 \right\}} \\ &= \sqrt{\left\{ \left(\frac{1}{MN} \right) \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (T_{x_{ij}}^2 + T_{y_{ij}}^2) \right\}}\end{aligned}\quad (6)$$

なお、これら標準偏差が0の時は、後述する正規化演算が不能であるため、以降の演算処理を中止し、入力画像を次の位置に移行させて使用メモリの低減と処理時間の短縮を図ることもできる。

【0031】積和演算部30では、X方向微分処理部26から得られる参照画像データのX方向微分値 $T_{y_{ij}}$ と入力画像データのX方向微分値 $S_{y_{ij}}$ との積和 $\sum \sum S_{y_{ij}} \cdot T_{y_{ij}}$ が求められる。同様に、Y方向微分処理部2

*の画素G（以下、注目画素と言う）を原点とし、画像の輪郭の強さと方向性を示す図10に示すようなベクトル \underline{S} 、 \underline{T} （以下、スカラー値と区別する意味で、ベクトル値については下線を施す。但し、図および式においては、通常の矢印によるベクトル記号で表示する）を考える。そして、これらベクトル \underline{S} 、 \underline{T} の成分表示を (S_x, S_y) および (T_x, T_y) で行なう。

【0028】自乗加算部28では、上述のX方向微分処理部26およびY方向微分処理部27で得られたX方向微分値 S_x 、 T_x およびY方向微分値 S_y 、 T_y の自乗和が求められる。この自乗和は、圧縮平均化後の参照画像データ T のサイズを $M \times N$ とした場合、 $\sum \sum S_{x_{ij}}^2$ 、 $\sum \sum T_{x_{ij}}^2$ および $\sum \sum S_{y_{ij}}^2$ 、 $\sum \sum T_{y_{ij}}^2$ で表される。

【0029】ここで、図4に示す従来の正規化相互相関処理では、画像各点の濃度値から平均濃度値を差引くことにより濃度の正規化を行っていたが、本実施例の輪郭相互相関処理では、各画像データに微分フィルタを施しているために濃度値の一定な領域では微分値は0となる。従って、輪郭ベクトル \underline{S} 、 \underline{T} の大きさは画像全体の様な濃度階調変化による影響を受けない。これは、輪郭ベクトルから輪郭ベクトルの平均値を差引き正規化する必要性はなくなることを意味する。

【0030】よって、標準偏差演算部29では、入力画像側の自乗和 $\sum \sum S_{x_{ij}}^2$ 、 $\sum \sum S_{y_{ij}}^2$ から入力画像における輪郭ベクトルの標準偏差として(5)式が求められ、参照画像の自乗和 $\sum \sum T_{x_{ij}}^2$ 、 $\sum \sum T_{y_{ij}}^2$ から参照画像における輪郭ベクトルの標準偏差として(6)式が求められる。

【数4】

7から得られる参照画像データのY方向微分値 $T_{x_{ij}}$ と入力画像データのY方向微分値 $S_{x_{ij}}$ との積和 $\sum \sum S_{x_{ij}} \cdot T_{x_{ij}}$ も求められる。ベクトル内積和演算部31では、積和演算部30で求められたX方向微分値の積和 $\sum \sum S_{y_{ij}} \cdot T_{y_{ij}}$ とY方向微分値の積和 $\sum \sum S_{x_{ij}} \cdot T_{x_{ij}}$ との和が算出される。こうして、参照画像 T と入力画像 S の対応する各画素間で、図10に示すベクトル \underline{S} と \underline{T} の内積和

【数5】

$$\begin{aligned}
 \rho v_0 &= \left(\frac{1}{MN} \right) \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (\vec{T}_{ij} \cdot \vec{S}_{ij}) \\
 &= \left(\frac{1}{MN} \right) \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (|\vec{T}_{ij}| |\vec{S}_{ij}| \cos \theta_{ij}) \\
 &= \left(\frac{1}{MN} \right) \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (T_{xij} S_{xij} + T_{yij} S_{yij}) \quad (7)
 \end{aligned}$$

が求められ、参照画像Tと入力画像Sの間で輪郭の方向性と強さの両方を加味した相関値が得られることになる。すなわち、図10に示すように、これらベクトル \underline{S} 、 \underline{T} の内積和が最大値をとれば、ベクトル $\underline{S} = \underline{T}$ 、すなわち参照画像Tと入力画像Sの輪郭の方向性および強さが一致しているものであり、逆に、ベクトル \underline{S} 、 \underline{T} の内積和が0であれば、ベクトル $\underline{S} \perp \underline{T}$ 、すなわち参照画像Tと入力画像Sの輪郭の方向性には全く相関性がないことが示される。もし、図13(b)、(c)のように濃淡コントラストが反転している画像を意図的に識別する必要のない場合は、この内積和が0以下の時以降の演算処理を中止し、入力画像を次の位置に移行させることで使用*

10 * メモリの低減と処理時間の短縮を図ることができる。

【0032】輪郭ベクトル相関係数演算部22では、ベクトル内積和演算部31で求められたベクトル内積和 $\sum (T_{xij} S_{xij} + T_{yij} S_{yij})$ の平均値を、標準偏差演算部29で求められた参照画像側の輪郭ベクトルの標準偏差値 $\sqrt{[1/(M \cdot N) \cdot \sum \sum (T_{xij}^2 + T_{yij}^2)]}$ と入力画像側の輪郭ベクトルの標準偏差値 $\sqrt{[1/(M \cdot N) \cdot \sum \sum (S_{xij}^2 + S_{yij}^2)]}$ で各々除算し正規化することによって、輪郭ベクトル相関係数 C_v を算出する。この輪郭ベクトル相関係数 C_v は、

20 【数6】

$$C_v = \frac{\rho v_0}{(\sigma T_0)(\sigma S_0)} \quad (8)$$

で表される。

像上に輪郭パターンが存在する場合には次式

【0033】また、一定方向に一定の濃度勾配を持つ画

【数7】

$$\begin{aligned}
 \sigma S_1 &= \sqrt{\left[\left(\frac{1}{MN} \right) \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \{ \vec{S}_{ij} - \left(\frac{1}{MN} \right) \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \vec{S}_{ij} \}^2 \right]} \\
 &= \sqrt{\left[\left(\frac{1}{MN} \right) \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (\vec{S}_{ij})^2 - \left(\frac{1}{MN} \right)^2 \left(\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \vec{S}_{ij} \right)^2 \right]} \\
 &= \sqrt{\left[\left(\frac{1}{MN} \right) \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (S_{xij}^2 + S_{yij}^2) \right.} \\
 &\quad \left. - \left(\frac{1}{MN} \right)^2 \left\{ \left(\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N S_{xij} \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N S_{yij} \right)^2 \right\} \right]} \quad (9)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma T_1 &= \sqrt{\left[\left(\frac{1}{MN} \right) \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \{ \vec{T}_{ij} - \left(\frac{1}{MN} \right) \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \vec{T}_{ij} \}^2 \right]} \\
 &= \sqrt{\left[\left(\frac{1}{MN} \right) \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (\vec{T}_{ij})^2 - \left(\frac{1}{MN} \right)^2 \left(\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \vec{T}_{ij} \right)^2 \right]} \\
 &= \sqrt{\left[\left(\frac{1}{MN} \right) \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (T_{xij}^2 + T_{yij}^2) \right.} \\
 &\quad \left. - \left(\frac{1}{MN} \right)^2 \left\{ \left(\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N T_{xij} \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N T_{yij} \right)^2 \right\} \right]} \quad (10)
 \end{aligned}$$

【数8】

$$\begin{aligned}
\rho v_1 &= \left(\frac{1}{MN}\right) \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \left[\left(\vec{T}_{ij} - \left(\frac{1}{MN}\right) \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \vec{T}_{ij} \right) \right. \\
&\quad \left. \cdot \left(\vec{S}_{ij} - \left(\frac{1}{MN}\right) \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \vec{S}_{ij} \right) \right] \\
&= \left(\frac{1}{MN}\right) \left\{ \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (\vec{T}_{ij} \cdot \vec{S}_{ij}) - \left(\frac{1}{MN}\right) \left(\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \vec{S}_{ij} \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \vec{T}_{ij} \right) \right\} \\
&= \left(\frac{1}{MN}\right) \left\{ \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (|\vec{T}_{ij}| |\vec{S}_{ij}| \cos \theta_{ij}) \right. \\
&\quad \left. - \left(\frac{1}{MN}\right) \left(\left| \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \vec{S}_{ij} \right| \left| \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \vec{T}_{ij} \right| \cos \Phi \right) \right\} \\
&= \left(\frac{1}{MN}\right) \left[\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (T_{xij} S_{xij} + T_{yij} S_{yij}) \right. \\
&\quad \left. - \left(\frac{1}{MN}\right) \left\{ \left(\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N S_{xij} \right) \left(\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N T_{xij} \right) \right. \right. \\
&\quad \left. \left. + \left(\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N S_{yij} \right) \left(\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N T_{yij} \right) \right\} \right] \quad (11)
\end{aligned}$$

に示すように、各輪郭ベクトルから輪郭ベクトルの平均値を差引き正規化することによって輪郭ベクトル相関係数 C_v は

$$C_v = \frac{\rho v_1}{(\sigma T_1) (\sigma S_1)} \quad (12)$$

で表される。この正規化により、入力画像に一定の濃度勾配の変化があった場合でもテンプレート画像との正規化されたパターンマッチングを行うことができる。

【0034】図13の(a)、(b)、(c)、(d)に示すように、上下・左右に対称な輪郭パターンが、濃度階調一定の画像上に存在する場合には、参照画像側の輪郭ベクトルの平均値 $1/(M \cdot N) \cdot \sum \sum T_{ij}$ は0、入力画像側の輪郭ベクトルの平均値 $1/(M \cdot N) \cdot \sum \sum S_{ij}$ は0となり、(9)式の入力画像側の輪郭ベクトルの標準偏差は(5)式に一致し、(10)式の参照画像側の輪郭ベクトルの標準偏差は(6)式に一致し、(11)式のベクトル内積和の平均値は(7)式に一致し、従って、(12)式の輪郭ベクトル相関係数 C_v は(8)式に一致することとなる。

【0035】相関係数 C_v の値は $-1 \leq C_v \leq +1$ の範囲で、 $C_v = 1$ のときは入力画像Sと参照画像Tとの間で、その輪郭の方向と大きさが一致していることを示し、 $C_v = -1$ のときは方向が 180° 逆方向になっていることを示し、 $C_v = 0$ のときは方向の相関がないことを示している。従って、濃淡コントラストが完全に反転している画像を意図的に識別する場合は、 $C_v = -1$ に近い位置をとらえればよく、輪郭線の形だけを問題にして濃淡コントラストは無視したい場合は、絶対値 $|C_v|$ の

最大の値を算出して識別すればよい。

【0036】以上の正規化相互相関演算は、図11に示すように画像メモリ23から読み出される入力画像データ S_0 を順次左上から右下まで順次1画素ずつずらし、それぞれの入力画像データ S_0 について繰り返し行われる。そして、上述の相関係数 C_v の最大値がホストCPUボード2のメモリ内に一時的に記憶される。この相関係数 C_v の最大値が得られた入力画像データ S_0 の位置は、インターフェース部11を介して外部アプリケーション部12に出力される。

【0037】以上示した手順により入力画像と参照画像とのパターン・マッチングを行うことができる。ここで、本実施例では、これら入力画像および参照画像にX方向およびY方向ソーベルフィルタを掛け、その微分値から各画像の輪郭の強さおよび方向性を有するベクトル \underline{S} 、 \underline{T} を求め、これらベクトル \underline{S} 、 \underline{T} の内積和を用いて像の(輪郭の)相関性を求めているので、例えば図13(a)のような線画による輪郭のみからなる画像を参照画像としても、従来の相互相関演算のように誤認識をすることが少なく、確実なパターン認識を行うことができる。同様に、図13に示すように、入力画像と参照画像との間に部分的な濃淡のコントラストの変化があつて

も、輪郭画像自体は濃淡のコントラストの変化に影響しないため、従来の相互相関演算よりも確実なパターン認識を行うことができる。

【0038】しかも、最初に従来の相互相関演算によるパターン認識を行い、この結果が良好でない場合に輪郭相互相関演算を行っているの、これら双方の演算により多種多様な画像に対して確実かつ正確なパターン認識を行うことができる、という利点もある。

【0039】-第1実施例の変形例-

上述の第1実施例では、入力画像および参照画像に方向*10

$$\sigma_{S_2} = \sqrt{\left\{ \left(\frac{1}{MN} \right) \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N S_{i,j}^2 \right\}} \quad (13)$$

$$\sigma_{T_2} = \sqrt{\left\{ \left(\frac{1}{MN} \right) \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N T_{i,j}^2 \right\}} \quad (14)$$

【数11】

$$\rho_{S_0} = \left(\frac{1}{MN} \right) \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (T_{i,j} S_{i,j}) \quad (15)$$

より

20 【数12】

$$C_S = \frac{\rho_{S_0}}{(\sigma_{T_2})(\sigma_{S_2})} \quad (16)$$

で表される。また、輪郭スカラー相関においては、入力画像に一定の濃度勾配の変化が存在する場合でも、ラプラシアン・フィルタ等の2次微分値は常に0となるため、各輪郭スカラーの平均値を差引く必要はない。相関係数C_sの値は-1 ≤ C_s ≤ +1の範囲をとる。

【0041】従って、本実施例によっても、上述の第1実施例と同様の作用効果を得ることができる。特に、本実施例では、ソーベルフィルタ等のように方向性を持つ演算フィルタをX方向とY方向で2回掛ける必要はなくなり、演算処理時間を更に短縮できる。なお、図5において、点線矢印は輪郭スカラー相関係数算出の処理の流れを示す。

【0042】-第2実施例-

図12は、本発明による画像処理方法および装置の第2実施例の動作を示すフローチャートである。この実施例では、予め正規化相互相関処理(ステップS23)または輪郭相互相関処理(ステップS28)のいずれを用いてパターン認識を行うかが定められており、従って、ステップS21で入力画像を読み込んだ後、ステップS20ではいずれの処理が行われるかが判定され、この判定結果に従っていずれかの処理が行われる。なお、その他の動作は上述の第1実施例と同様であり、従って、第1実施例のステップ番号に20を加えた番号を図12中に示してその説明を省略する。よって、本実施例によっても、上述の第1実施例と同様の作用効果を得ることができる。

【0043】なお、実施例と請求の範囲との対応において、画像メモリ3は記憶手段を、撮像素子7およびA/

*性を有する微分フィルタ、すなわち偏微分フィルタを掛けて微分値を得ていたが、比較的ノイズが少なくエッジの鮮明な画像に対しては、図9(a)(b)のような方向性を持たない(すなわち全微分)ラプラシアン・フィルタを用いて微分値を得てもよい。この場合、微分値は特有の方向性を持たず、強さのみを有するスカラー値になる。

【0040】参照画像Tと入力画像Sの間でエッジの強さのみの相関を示す輪郭スカラー相関係数C_sは、

【数10】

Dコンバータ8は入力手段を、ホストCPUボード2は微分手段、微分相関値算出手段、内積と算出手段、正規化手段、相関値算出手段および画像認識手段をそれぞれ構成している。

【0044】なお、本発明の画像処理方法および装置は、その細部が上述の実施例に限定されず、種々の変形例が可能である。一例として、図12のステップS20において、参照画像の性質により正規化相互相関処理と輪郭相互相関処理とを自動的に切り換えるようにしてもよい。

【0045】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明によれば、入力画像および参照画像に微分フィルタを掛け、その微分値を用いて像の(輪郭の)相関性を求めているので、線画による輪郭のみからなる画像を参照画像としても、あるいは入力画像と参照画像との間に部分的な濃淡のコントラストの変化があっても、従来の相互相関演算のように誤認識をするおそれが少なく、確実なパターン認識を行うことができる。また、請求項5、請求項8の発明によれば、相互相関演算と輪郭相互相関演算の双方の演算により多種多様な画像に対して確実かつ正確なパターン認識を行うことができる、という利点もある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のクレーム対応図である。

【図2】本発明の第1実施例である画像処理装置の構成を示すブロック図である。

【図3】第1実施例の動作を説明するためのフローチャートである。

【図4】正規化相互相関処理の細部を示すブロック図である。

【図5】輪郭相互相関処理の細部を示すブロック図である。

【図6】一般的な微分フィルタの 3×3 マトリックスを示す図である。

【図7】X方向、Y方向ソーベル演算フィルタを示す図である。

【図8】XY方向ソーベル演算フィルタを示す図である。

【図9】ラプラシアン演算フィルタを示す図である。

【図10】ベクトル \underline{S} 、 \underline{T} およびその成分を示す図である。

【図11】入力画像と参照画像との位置関係を示す図である。

【図12】本発明の第2実施例である画像処理装置の動作を説明するためのフローチャートである。

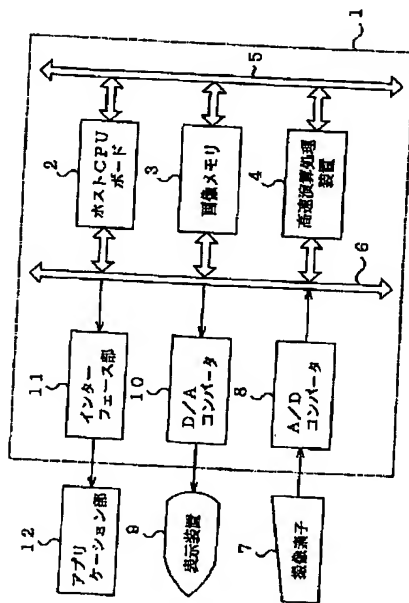
【図13】従来の正規化相互相関処理の問題点を説明するための図である。

【符号の説明】

- 1 画像処理装置
- 2 ホストCPUボード
- 3、13、23 画像メモリ
- 4 高速演算処理装置
- 5 システムバス
- 6 データバス

- 7 撮像素子
- 8 A/Dコンバータ
- 9 表示装置
- 10 D/Aコンバータ
- 11 インターフェース部
- 12 アプリケーション部
- 14、24 参照画像格納部
- 15、25 データ圧縮平均部
- 16 階調変換部
- 17、30 積和演算部
- 18 累積加算部
- 19、28 自乗加算部
- 20、29 標準偏差演算部
- 21 正規化相関演算部
- 26 X方向微分処理部
- 27 Y方向微分処理部
- 31 ベクトル内積和演算部
- 32 輪郭ベクトル相関係数演算部
- a 記憶手段
- b 入力手段
- c 微分手段
- d 微分相関値算出手段
- e 画像認識手段
- f 正規化手段
- g 相関値算出手段
- h 内積和算出手段

【図2】



【図6】

A	B	C
D	E	F
G	H	I

(a)

【図9】

	-1	
-1	4	-1
	-1	

(a)

【図7】

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

(b)

(a)

【図8】

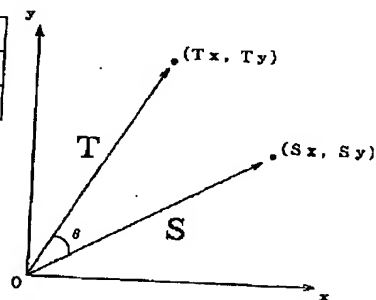
2	1	0
1	0	-1
0	-1	-2

(b)

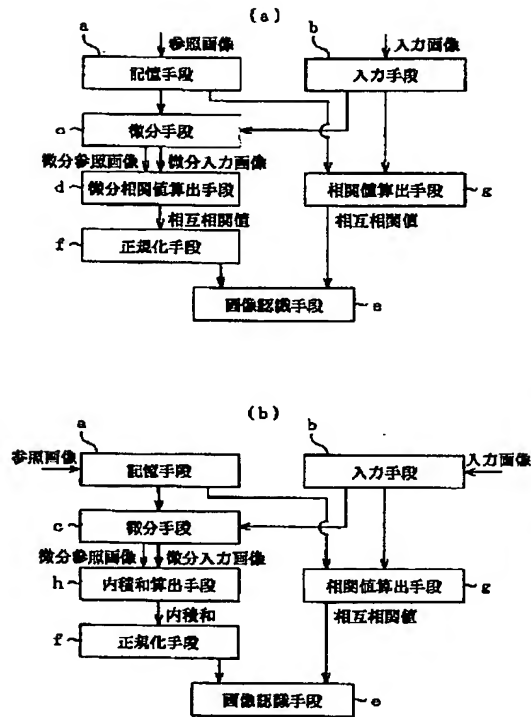
【図10】

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

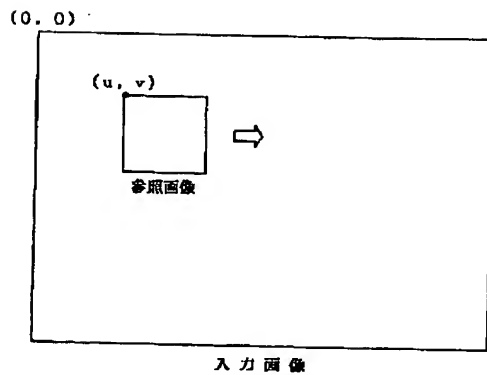
(b)



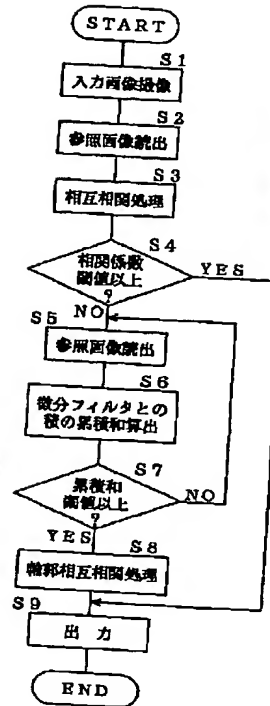
【図1】



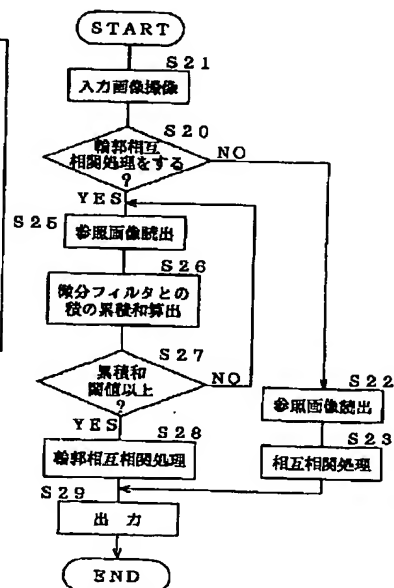
【図11】



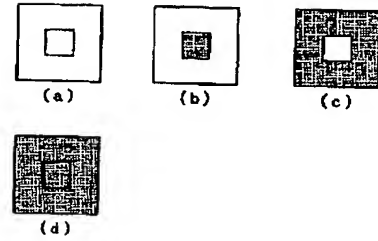
【図3】



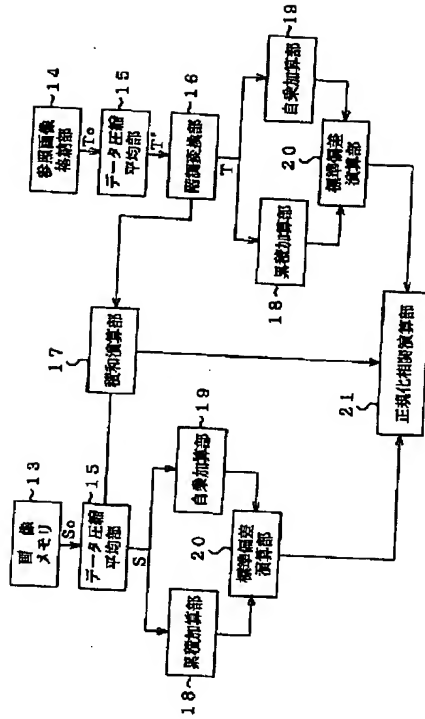
【図12】



【図13】



【図4】



【図5】

